

専攻	材料システム 工学	学籍番号	821511	指導教官氏名	逆井基次
申請者氏名	宮島達也				

論文要旨

論文題目	「炭素及び炭素系複合材の破壊機構と破壊力学」
------	------------------------

(要旨 1,200字以内)

単体としての炭素材料の機械的特性、特に破壊靱性は炭素長繊維の複合化によって著しく向上する。この高靱化は炭素繊維の高強度、高弾性率に起因して生ずる複合材特有の複雑な破壊過程を経て、破壊エネルギーが増大するためである。その破壊機構は、まず(1)マトリックスクラッキングが生じ、続いて亀裂進展後の破面間に沿って(2)炭素繊維の架橋、(3)炭素繊維の引き抜きが起こる。このような複雑な破壊挙動は破壊力学の適応範囲外であり、新たに「複合材の破壊力学」を構築する必要がある。

本研究では、複雑な複合材の破壊過程を素過程に分離した。複合材料の高靱化の本質を明確にし、定量化するため、その各々に対して破壊力学試験法を考案し破壊靱性、高靱化機構を検討した。複合材の靱性に対して提案されて来た従来の理論との比較を行い炭素繊維強化炭素複合材料の破壊挙動の評価を行った。

(1)マトリックスクラッキング (First Matrix Cracking)

脆性材をマトリックスに使用した複合材の最初の亀裂発生はマトリックスであり、これを複合材の破壊靱性値と定義する。従来の理論には、応力論 (Marshallら) と、エネルギー論 (McCartney) とがあるが、両者は互いに異なる理論式を提案しており、これらの実験的検証が不足している。一軸 C/C 複合材を試料とし、微小表面欠陥法にお

けるマトリックス破壊を光学顕微鏡、ビデオ装置により
in-situ測定し、破壊靱性値が約 $7 \text{ MPam}^{1/2}$ と求められた。
マトリックスクラッキング開始以前に亀裂前方の繊維/マ
トリックス界面で発生する「界面剝離」に起因する応力
遮蔽効果を加え、理論式を修正する必要があるが、本研
究の実験結果はMcCartneyのエネルギー理論を支持した。

(2) 繊維架橋 (Fiber bridging)

従来、非常に困難とされてきた複合材に対するR曲線の
実験的評価法を確立し、その結果を基に繊維架橋力を検
討した。二次元炭素繊維布強化炭素複合材をWOL試験片に
加工した。ノッチ前方の所定の位置にあらかじめ貫通孔
を開け、これに亀裂が到達した時、急激に荷重低下する
ことを利用して亀裂長さを決定し、そのときの臨界応力
拡大係数を算出した。貫通孔の位置を種々に変化させた
一組の実験結果から破壊靱性の変化を K_R 曲線として描き、
一定応力分布を仮定し、Dugdaleモデルを適用することにより
繊維架橋応力 ($\sigma_b = 130 \text{ MPa}$) が評価された。

(3) 繊維引き抜き (Fiber pullout)

繊維が引き抜かれる際に消費される純粋な「引き抜き
エネルギー」のみを測定し、デラミネーション等の非本
質的な破壊機構を回避するため、くさび付き周囲ノッチ
入り曲げ試験法を考案した。得られた破壊エネルギーは
 200 kJ/m^2 に達した。さらに、破壊素過程の基礎的力学パ
ラメータを別に考案した周囲ノッチ引張り試験によって
実測し、従来の引き抜きエネルギーに対する理論式と本
研究の実測値との比較が行われた。